

УДК 631.4

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЕМОВ ОБЫКНОВЕННЫХ УРАЛО-САКМАРСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ

С.В. Еременко

*Институт степи УрО РАН
Россия, 460000, Оренбург, Пионерская, 11*

Поступила в редакцию 25.04.03 г.

Агроэкологические аспекты плодородия черноземов обыкновенных Урало-Сакмарского междуречья. – Еременко С.В. – Чрезмерная распашка и экстенсивное использование черноземов обыкновенных Урало-Сакмарского междуречья привело к потере некоторых их функций и снижению плодородия. Приводятся материалы по содержанию гумуса и мощности гумусового горизонта черноземов обыкновенных. Разработаны регрессионные модели зависимости урожайности яровой пшеницы от доз удобрений и погодных условий в целях сохранения и поддержания эффективного плодородия черноземов обыкновенных. Определение вклада указанных факторов при формировании урожайности позволит более целенаправленно вести поиск технологических решений по ее стабилизации и повышению плодородия почв.

Ключевые слова: черноземы обыкновенные, мощность гумусового горизонта, плодородие, урожайность, регрессионная модель, дозы удобрений.

Agroecological aspects of the black earth fertility in the country between the Ural and Sakmara rivers. – Eryomenko S.V. – Excessive ploughing up and over-use of the black earth in the country between the Ural and Sakmara rivers have caused a loss in some of their functions and a drop in their fertility. Data on the humus content and the humus horizon depth of the common black earth are reported. Regression models of the dependence of the spring wheat productivity on the fertilizer dose and climatic conditions have been designed in order to preserve and maintain an effective fertility of the black earth. Resolving the contributions of the said factors into the fertility will allow technological solutions for its stabilization and further rise to be sought for more successfully.

Key words: black earth, fertility, humus horizon depth, productivity, regression model, fertilizer dose.

Урало-Сакмарское междуречье, занимая часть Предуральяского краевого прогиба в пределах Оренбургской области, вытянуто с запада на восток полудугой протяженностью около 120 км, площадью 376 тыс. га (Беляевский, Оренбургский, Сакмарский, Саракташский районы).

Рельеф – слабо расчлененное плоскоувалистое плато, с абсолютными высотами 320 – 360 м на востоке и 280 – 320 м на западе. Междуречье сложено мощными континентальными отложениями перми и триаса. Преобладающими почвообразующими породами служат делювиальные и элювиально-делювиальные желтобурые карбонатные суглинки. Склоны увалов обычно расчленены неширокими балками и оврагами. Основной фон почвенного покрова – черноземы обыкновенные: средне- и малогумусные, средне- и маломощные тяжелосуглинистые (200.7 тыс. га, 55.0%). Значительную площадь (150.4 тыс. га, 40.0%) занимают в различной степени эродированные почвы.

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПЛОДОРОДИЯ

Высокая степень освоенности территории под пашню (71.0%) и нарушение технологий возделывания сельскохозяйственных культур привели к усилению эрозии и дефляции почв, потере ими части своих экофункций. Неустойчивая влагообеспеченность почв и почти полное отсутствие удобрений являются главными условиями, ограничивающими получение высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур, особенно основной зерновой культуры региона – яровой пшеницы. Поэтому необходим поиск путей оптимизации применения удобрений в почвозащитных технологиях производства высококачественного зерна пшеницы.

В настоящей работе были поставлены следующие задачи:

- выявить изменение некоторых показателей плодородия черноземов обыкновенных;
- разработать математические модели зависимостей урожайности яровой пшеницы от доз минеральных удобрений и сложившихся погодных условий разных лет как основы для разработки эффективных мер по повышению плодородия почв и урожайности яровой пшеницы.

Для анализа изменения содержания и запасов гумуса в черноземах обыкновенных использовались материалы двух туров крупномасштабных почвенных исследований (1965 – 1991 гг.) по хозяйствам: АО «Белогорское» Беляевского района, ОПХ «Урожайное» Оренбургского района, колхозов им. Кирова, «Дружба», АО «Колос» Саракташского и АО им. Ленина Сакмарского районов.

Статистическая обработка морфологических и агрохимических свойств почв проведена по Б.А. Доспехову (1985) с использованием программы Statgrafik (описательные методы, критерии и оценивание). Многофакторные регрессионные уравнения по эффективности удобрений разработаны в компьютерной программе Statgrafik и Statistika.

В исследованиях по моделированию использовались результаты многолетних (1968 – 1979 гг.) опытов по эффективности удобрений ОПХ «Урожайное» Оренбургского НИИСХ, территория которого занимает часть Урало-Сакмарского междуречья – северный пологий склон к р. Сакмаре, а также многолетние ряды данных погоды метеостанции «Чебеньки». Годы проведения опытов были неравнозначными по метеорологическим условиям: 1968 – 1971 гг. – благоприятные, 1972, 1974 – 1977, 1979 гг. – сухие. Почвами стационарных опытных участков служили черноземы обыкновенные средне- и малогумусные среднемощные тяжелосуглинистые. Мощность гумусового горизонта – 65 см, содержание гумуса в пахотном слое (0 – 30 см) составило 5.6 – 6.4%. В связи с тем что до 1991 г. хозяйство вело земледелие на положительном балансе питательных веществ, наблюдалось продолжительное последствие минеральных удобрений при средней и высокой степени обеспеченности почвы доступными элементами. За годы эксперимента в почвах содержалось 46 мг/кг азота; 21 мг/кг фосфора; 274 мг/кг калия. Эти особенности учтены в моделях.

Профиль черноземов обыкновенных характеризуется темно-серой окраской верхнего гумусового слоя, комковато-пылеватой структурой в пахотном и комковато-зернистой – в подпахотном горизонтах. Линия вскипания находится в пределах нижней части гумусового горизонта, новообразования карбонатов (псевдомипцелий и белоглазка) – в горизонтах ВС и С на глубине 81 – 108 см.

Гранулометрический состав черноземов обыкновенных – преимущественно тяжелосуглинистый и глинистый: содержание частиц «физической глины» находится в пределах от 46.0 до 65.0%, ила – от 28.0 до 39.0%. В условиях равнинного или слабоволнистого рельефа преобладают в основном среднемощные разновидности почв, при более расчлененном рельефе (покатые склоны) черноземы имеют укороченный гумусовый профиль и часто подвержены эрозии. Мощность гумусового горизонта почв варьирует от 49 до 54 см в среднемощных и от 33 до 38 см в смытых маломощных почвах (Климентьев, 1997).

Статистическая обработка показала, что черноземы обыкновенные характеризуются широким интервалом колебаний содержания и запасов гумуса в пахотном слое. Так, среднегумусные черноземы в горизонте А содержат гумуса от 6.2 до 6.4%, малогумусные – от 4.4 до 5.1% (табл. 1).

Запасы гумуса в среднемощных разновидностях почв составили: в слое 0 – 25 см – 167.5 т/га; в слое 0 – 50 см – 287.5, а в маломощных – 125.0 и 220.0 т/га соответственно. Распределение гумуса по профилю характеризуется постепенным убыванием с глубиной.

Статистическая оценка разности мощности гумусовых горизонтов и среднего содержания гумуса в почвах пашни 1965 и 1991 гг. показала достоверное снижение этих показателей на 25.0%. При этом разность средних значений существенна (см. табл. 1).

Моделированием связей урожайности яровой пшеницы с дозами удобрений и погодными условиями установлено, что комплекс предикторов, описывающих дисперсию урожайности, в значительной степени отличается для различных по погодным условиям лет не только набором доз удобрений и погодных элементов, но и долей влияния каждого на результирующий признак (табл. 2).

За годы эксперимента основная роль в формировании урожайности яровой пшеницы принадлежит исходному содержанию питательных веществ (азоту, фосфору и калию) и осадкам июля. Совокупная доля их влияния составила 83.9%. Коэффициент множественной детерминации равен 95.0%, что достаточно полно детерминирует разброс значений урожайности.

В сухие годы основная роль в формировании урожайности принадлежит исходному содержанию азота (22.1%), фосфора (28.3%), осадкам (13.8%) и средней температуре июня (20.1%). Доля их влияния составила 84.2% при коэффициенте детерминации 95.0%.

В формировании урожайности в благоприятные годы основная роль принадлежит осадкам июня (76.0%), мая (10.2%) и дозе азота (6.0%). Доля их влияния составила 92.2% (см. табл. 2, благоприятные годы) при коэффициенте множественной детерминации 94.0%. Анализ регрессионных моделей для зависимой переменной – урожайности яровой пшеницы – показал их многофакторность. За годы эксперимента в формировании урожайности яровой пшеницы на черноземах обыкновенных большую роль играли как исходное содержание питательных элементов в почве, что связано (как мы отмечали выше) с положительным балансом питательных веществ в почвах хозяйства и с продолжительным последствием минеральных удобрений, так и дозы азота. Полученные уравнения в какой-то мере

Таблица 1
Вариационно-статистические показатели мощности гумусового горизонта
и содержания гумуса в черноземах обыкновенных (1965, 1991 гг.)

Год	Мощность гумусового горизонта (А+АВ), см		Разность средних	НСР ₀₅	Алак 0 – 25, см		V, %	Разность средних		НСР ₀₅	АВ 25 – 35, см		V, %	Разность средних	НСР ₀₅
	M±m	M±m			M±m	M±m		M±m	M±m						
Среднегумусные среднеломощные															
1965	62.92±0.69		3.4		7.5±0.38		15.5				6.74±0.2		10.38		
1991	54.6±1.44		7.9	2.15248E-3	6.42±0.07		3.32	1.090	0.014		5.53±0.2		12.0	1.204	0.013
Малогумусные среднеломощные															
1965	55.5±0.51		2.91		5.36±0.11		8				4.3±0.17		14.6		
1991	49.7±1.51		9.15	0.02775	5.05±0.12		9.5	0.31	8.75322E-2		4.2±0.16		14.9	0.15	1.50013E-15
Среднегумусные малоломощные															
1965	38.87±0.24		2.0		7.21±0.05		2.21				6.5±0.13		14.1		
1991	37.27±0.30		2.6	3.38493E-15	6.27±0.03		1.59	0.94	2.15638E-14		5.3±0.17		12.2	0.165	0.018
Малогумусные малоломощные															
1965	38.05±0.41		3.4		5.1±0.07?		4.3				4.01±0.06		5.0		
1991	37.2±0.86		4.4	0.00114	4.8±0.11		6.8	0.277	0.057		3.8±0.14		11.3	0.155	3.50285E-3
Малоломощные эродированные															
1965	35.71±0.58		5.5		4.5±0.89		5.9				3.6±0.11		9.04		
1991	33.0±0.86		7.8	8.645445E-16	4.4±0.07		4.7	0.144	0.038		3.5±0.07		6.0	0.133	0.025

позволяют оптимизировать дозы удобрений на черноземах обыкновенных в зависимости от условий погоды. Последние, особенно температура воздуха и влага, оказали существенное влияние на продуктивность яровой пшеницы. Так, за годы эксперимента существенное влияние на урожай оказали осадки мая, июня и июля (см. табл. 2, годы эксперимента). По мнению И.Д. Рудай (1985), особенно важными для яровой пшеницы в засушливых районах являются осадки, выпадающие в мае и июне. Именно в этот период вегетации растения проходят наиболее важные этапы органогенеза, ход которого во многом зависит от наличия осадков и температуры воздуха. Более поздние дожди для нее почти бесполезны.

Таблица 2

Регрессионная модель для зависимой переменной (У): урожайности яровой пшеницы от доз минеральных удобрений и погодных условий года

Независимая переменная	Коэффициент регрессии	Стандартная ошибка	T- значение	Уровень значимости	Доля влияния фактора, %
1	2	3	4	5	6
Годы эксперимента (ОПХ «Урожайное», 1968 – 1972, 1974 – 1977, 1979 гг., $n = 118$)					
Свободный член	5.4572	0.30723	17.7621	0.0000	-
Доза азота, кг/га (X_1)	0.0025	0.00040	6.3656	0.0000	3.43
Исходное содержание азота, кг/га (X_2)	- 0.0038	0.00097	-3.9446	0.0002	22.1
Исходное содержание фосфора, кг/га (X_3)	0.0319	0.00212	15.0055	0.0000	28.37
Исходное содержание калия, кг/га (X_4)	- 0.0069	0.00034	-19.8274	0.0000	20.8
Осадки июня, мм (X_5)	- 0.0373	0.00380	-98.121	0.0000	8.2
Осадки июля, мм (X_6)	0.0298	0.00213	13.9954	0.0000	12.7
Стандартная ошибка оценки, т/га			0.132		
R^2			0.95		
R^2 (исп.)			0.9532		
Fф			245.43		
Сухие годы (ОПХ «Урожайное», 1972, 1974 – 1977, 1979 гг., $n = 73$)					
Свободный член	14.815	0.85013	17.4268	0.0000	-
Доза азота, кг/га (X_1)	0.00257	0.00042	6.1244	0.0000	3.4
Исходное содержание азота, кг/га (X_2)	- 0.02777	0.00152	-18.1851	0.0000	22.14
Исходное содержание фосфора, кг/га (X_3)	0.07457	0.00393	18.9403	0.0000	28.3
Осадки мая, мм (X_4)	0.04324	0.00243	17.7301	0.0000	2.63
Осадки июня, мм (X_5)	- 0.1499	0.00867	-17.2854	0.0000	13.76
Осадки июля, мм (X_6)	0.04133	0.00260	16.5049	0.0000	5.4
Средняя температура июня, $^{\circ}C$ (X_7)	- 0.645375	0.03702	-17.4223	0.0000	20.1
Стандартная ошибка оценки, т/га			0.132		
R^2			0.95		
R^2 (исп.)			0.9532		
Fф			207.2		

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПЛОДОРОДИЯ

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6
Благоприятные годы (ОПХ «Урожайное», 1968 – 1971, $n = 45$)					
Свободный член	2.17868	0.112675	19.3359	0.0000	-
Доза азота, кг/га (X_1)	0.00330	0.000628	5.2654	0.0000	6.0
Осадки мая, мм (X_2)	-0.17707	0.007394	-23.9480	0.0000	10.2
Осадки июня, мм (X_3)	0.10986	0.00495	22.1912	0.0000	76.0
Осадки июля, мм (X_4)	-0.00482	0.00140	-3.4330	0.0014	1.72
Доза фосфора, кг/га, (X_5)	0.00130	0.00062	2.0809	0.0441	1.0
	Стандартная ошибка оценки, т/га		0.08		
	R^2		0.94		
	R^2 (исп.)		0.93		
	Fф		123.7		

В благоприятные по метеорологическим условиям годы (см. табл. 2, благоприятные годы) на формирование урожайности яровой пшеницы оказывает влияние не только азот, но и фосфор. Колебания в воздействии фосфорных удобрений связаны прежде всего с запасами азота в почве, влагообеспеченностью и общим уровнем урожайности (Гридасов, Андреева, 1977). Чем благоприятнее год и выше продуктивность, тем меньше в почве доступного азота из-за возросшего его потребления и, следовательно, слабее влияние фосфора на урожайность пшеницы.

Таким образом, разработка данных многофакторных моделей определяет необходимость долгосрочного прогнозирования тех предикторов, которые включены в регрессионные уравнения (Тихонов, 2002). На основе знаний вклада доз удобрений и погодных факторов в формирование урожая яровой пшеницы возможен целенаправленный поиск технологических решений для стабилизации урожая и сохранения плодородия почв.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Гридасов И.И., Андреева В.М.* Удобрение яровой пшеницы в Оренбургской области. Челябинск: Юж.-Урал. кн. изд-во, 1977. 136 с.
- Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Агропромиздат, 1985. 352 с.
- Климентьев А.И.* Почвенно-экологические основы степного землепользования. Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 1997. С. 83, 84.
- Рудай И.Д.* Агроэкономические проблемы повышения плодородия почв. М.: Россельхозиздат, 1985. 256 с.
- Тихонов В.Е.* Засуха в степной зоне Урала. Оренбург: Изд-во ОАО «Элитные семена Южного Урала», 2002. 250 с.